

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representation of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

## **IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY**

As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **11040543 A**(43) Date of publication of application: **12.02.99**

(51) Int. Cl.

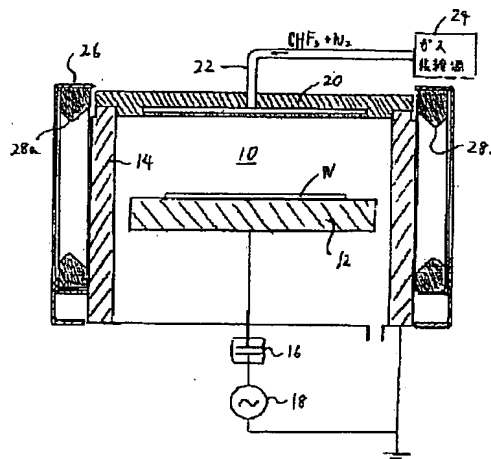
**H01L 21/3065  
C23F 4/00**(21) Application number: **09179899**(22) Date of filing: **04.07.97**(71) Applicant: **APPLIED MATERIALS INC**(72) Inventor: **KOMATSU TAKEHIKO  
SANPEI TETSUHIKO**(54) **METHOD AND EQUIPMENT FOR PLASMA DRY ETCHING**

COPYRIGHT: (C)1999,JPO

(57) Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To promote progress of etching by, in plasma, using a mixed gas of trifluoromethane and nitrogen as etching gas when an  $\text{SiO}_2$  film on a substrate is dry-etched, for allowing radical and ion generated in plasma to react with  $\text{SiO}_2$ .

**SOLUTION:** While an etching gas supplied into a vacuum chamber 10, the inside of the chamber 10 is depressurized to a specified pressure, and a high-frequency power source 18 is turned on to apply a high-frequency electric power between a pedestal 12 and a chamber side wall 14, so that plasma is generated in the vacuum chamber 10 above the pedestal 12. Here, the mixed gas of trifluoromethane  $\text{CHF}_3$  and nitrogen  $\text{N}_2$  is supplied into the vacuum chamber 10 as etching gas to generate plasma, and etching is performed with an  $\text{SiO}_2$  film formed on a silicon wafer W as resist pattern, so that the radical and ion generated in the plasma react with the  $\text{SiO}_2$  for progress of etching.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-40543

(43) 公開日 平成11年(1999) 2月12日

(51) Int.Cl.<sup>5</sup>

識別記号

F I

H 0 1 L 21/3065

H 0 1 L 21/302

B

C 2 3 F 4/00

C 2 3 F 4/00

E

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平9-179899

(22) 出願日 平成9年(1997) 7月4日

(71) 出願人 390040660

アプライド マテリアルズ インコーポレ  
イテッド

APPLIED MATERIALS, I  
NCORPORATED

アメリカ合衆国 カリフォルニア州

95054 サンタ クララ パウアーズ ア  
ベニュー 3050

(72) 発明者 小松 威彦

千葉県成田市新泉14-3 野毛平工業団地内

アプライド マテリアルズ ジャパン  
株式会社内

(74) 代理人 弁理士 長谷川 芳樹 (外3名)

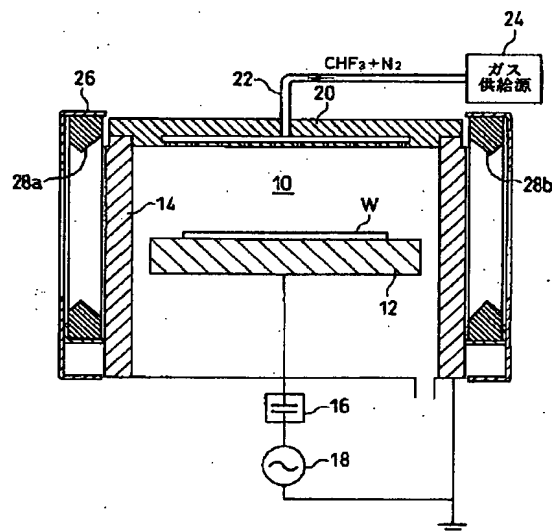
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 プラズマドライエッチング方法及び装置

(57) 【要約】

【課題】 シリコン酸化膜のプラズマドライエッチングを高精度に且つ高効率で行うための手段を提供すること。

【解決手段】 本発明は、プラズマ中においてシリコンウェハW上のシリコン酸化膜をドライエッチングする方法において、エッチングガスとしてトリフルオルメタン( $\text{CHF}_3$ )と窒素( $\text{N}_2$ )との混合ガスを用いることを特徴としている。この場合、プラズマは約250mTorrの圧力下で生成されると、効率よくエッチングを行うことができる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 プラズマ中において基板上のシリコン酸化膜をドライエッチングする方法において、エッチングガスとしてトリフルオルメタンと窒素との混合ガスを用いることを特徴とするプラズマドライエッチング方法。

【請求項2】 前記基板はシリコンウェハであることを特徴とする請求項1に記載のプラズマドライエッチング方法。

【請求項3】 前記プラズマは約250mTorrの圧力下で生成されることを特徴とする請求項1又は2に記載のプラズマドライエッチング方法。

【請求項4】 エッチングガスはアルゴンガスを含んでいることを特徴とする請求項1～3のいずれか1項に記載のプラズマドライエッチング方法。

【請求項5】 真空チャンバと、前記真空チャンバ内で基板を支持するための基板支持体と、前記真空チャンバ内を所定圧力に減圧する減圧手段と、前記真空チャンバ内にエッチングガスを供給するガス供給源と、前記真空チャンバ内でプラズマを生成するプラズマ生成手段と、を備え、前記ガス供給手段がエッチングガスとしてトリフルオルメタンと窒素との混合ガスを供給することを特徴とするプラズマドライエッチング装置。

【請求項6】 前記真空チャンバ内の所定圧力は約250mTorrであることを特徴とする請求項5に記載のプラズマドライエッチング装置。

【請求項7】 前記プラズマ生成手段は、前記真空チャンバの導電性の側壁と導電性の前記基板支持体との間に高周波電力を印加する高周波電源からなることを特徴とする請求項5又は6に記載のプラズマドライエッチング装置。

【請求項8】 前記エッチングガスがアルゴンガスを含んでいることを特徴とする請求項5～7のいずれか1項に記載のプラズマドライエッチング装置。

【請求項9】 マグネトロンユニットを更に備えることを特徴とする請求項5～8のいずれか1項に記載のプラズマドライエッチング装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体デバイスや液晶デバイス等の製造技術に関し、特に、基板上のシリコン酸化膜(SiO<sub>2</sub>膜)のエッチング技術に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】近年、半導体デバイスの高集積化、微細化は急速な進展をみせている。かかる状況下、基板上の薄膜に対するエッチングも極めて高精度なものが要求されている。

【0003】高精度エッチング技術としてはプラズマド

ライエッチングが一般的となっており、従来、SiO<sub>2</sub>膜のエッチングにはCHF<sub>3</sub>/CF<sub>4</sub>系のガス又はC<sub>4</sub>F<sub>8</sub>/CO系のガスが用いられてきた。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、これらのガスも、次世代のサブクォータミクロンデバイスの量産には問題点を有している。すなわち、CHF<sub>3</sub>/CF<sub>4</sub>系ガスにおいては、レジストとの選択比が低く、アスペクト比の高いホールのエッチングが困難であるという問題がある。また、C<sub>4</sub>F<sub>8</sub>/CO系のガスでは、エッチングレートが低く、ウェハ面内での形状のバラツキ、ホールの側面が過剰にテーパ形状となるという問題があった。

【0005】そこで、本発明は、かかる問題点を解決することのできる新規なプラズマドライエッチング方法及び装置を提供することを目的とする。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明は、プラズマ中において基板上のSiO<sub>2</sub>膜をドライエッチングする方法において、エッチングガスとしてトリフルオルメタン(CHF<sub>3</sub>)と窒素(N<sub>2</sub>)との混合ガスを用いることを特徴としている。

【0007】この場合、基板はシリコンウェハであることが好適である。また、プラズマは約250mTorrの圧力下で生成されると、効率よくエッチングを行うことができる。

【0008】また、本発明は、真空チャンバと、前記真空チャンバ内で基板を支持するための基板支持体と、前記真空チャンバ内を所定圧力に減圧する減圧手段と、前記真空チャンバ内にエッチングガスを供給するガス供給源と、前記真空チャンバ内でプラズマを生成するプラズマ生成手段とを備えるプラズマドライエッチング装置において、前記ガス供給手段がエッチングガスとしてCHF<sub>3</sub>とN<sub>2</sub>との混合ガスを供給することを特徴としている。

【0009】プラズマ生成手段としては、真空チャンバの導電性の側壁と導電性の基板支持体との間に高周波電力を印加する高周波電源からなるものが好適である。

【0010】また、本発明のプラズマドライエッチング装置はマグネトロンユニットを更に備えることが有効である。

## 【0011】

【発明の実施の形態】図1は本発明が適用されるプラズマドライエッチング装置を示している。図示のエッチング装置は、真空チャンバ10と、その内部に配置されたウェハ支持用ベディスタル(基板支持体)12とを備えている。真空チャンバ10の側壁14及びベディスタル12はステンレス鋼等の導電体から作られており、両者間は電気的に絶縁されている。また、このチャンバ側壁14とベディスタル12とは整合回路16を介して高周

波電源18に接続されている。真空チャンバ10は真空ポンプ(図示せず)に接続されており、内部を所望の真空度に減圧できるようになっている。また、真空チャンバ10の上部には、下面に多数のガス噴出孔を有するガス分配プレート20が配置されている。このガス分配プレート20の内部空間はガス管22を介してガス供給源24に接続されており、エッチングガスを真空チャンバ10内に供給できるようになっている。本発明では、エッチングガスとして $\text{CHF}_3$ と $\text{N}_2$ の混合ガスが用いられる。

【0012】このような構成において、真空チャンバ10内にエッチングガスを供給しつつ、チャンバ10内を所定圧に減圧し、高周波電源18を投入して高周波電力をペディスタル12とチャンバ側壁14との間に印加すると、ペディスタル12の上方の真空チャンバ10内にプラズマが生成される。このプラズマを高密度化するために、図示のエッチング装置は、チャンバ側壁14の外側にマグネトロンユニット26が設けられている。マグネトロンユニット26は、真空チャンバ10内に磁場を形成し、この磁場により電子を捕捉して高密度のプラズマを生成、維持するものである。この実施形態におけるマグネトロンユニット26は、図2に概略的に示すように、2対の電磁コイルアセンブリ28a、28b、30a、30bからなり、対向配置された電磁コイルアセンブリ間で真空チャンバ10を横切る磁場を形成するものである。そして、電磁コイルアセンブリ28a、28b、30a、30bへの通電を順次切り換えることで、磁場を移動させ、プラズマの偏りを防止するよう構成されている。以上の構成のエッチング装置は、具体的には、本出願人であるアプライド・マテリアルズ・インコーポレイテッドにより「MxP+」の名のもとで製造、販売されているものである。

【0013】このようなエッチング装置において、 $\text{CHF}_3$ と $\text{N}_2$ との混合ガスをエッチングガスとして真空チャンバ10内に供給してプラズマを発生させ、シリコンウェハW上に成膜された $\text{SiO}_2$ 膜を、レジストパターンをマスクとしてエッチングを行うと、プラズマ中で $\text{CHF}_3$ から生じたラジカルやイオンが $\text{SiO}_2$ と反応し、エッチングが進行していく。 $\text{CHF}_3$ の特性から、有機物系のレジストとの選択比は高く、また、高いエッチングレートが得られる。

【0014】一方、Nはエッチング自体には寄与しないが、これは過剰なCと反応して揮発性のCNになると考えられる。 $\text{N}_2$ をエッチングガスに含めない場合には、過剰なCが重合膜としてホールの側壁面や底面に堆積するため、エッチングレートの低下、ホール形状の悪化やテーパ化を招いていたが、 $\text{N}_2$ を含めたことでかかる問題は回避される。 $\text{N}_2$ はこのような働きを有していると考えられるため、 $\text{CHF}_3$ と $\text{N}_2$ の混合比を調整することで、ホールの側壁面の形状を容易にコントロールするこ

とができる。また、 $\text{N}_2$ の量を減らすことで、エッチングレートを下げ、下地であるシリコンとの選択比を高めることもできる。

【0015】なお、本発明はエッチングガスとして $\text{CHF}_3$ と $\text{N}_2$ との混合ガスをメインガスとしているが、エッチング反応に寄与しないArをキャリアガスとして用いたり、 $\text{CF}_4$ やCO等を添加して多様な膜での多様の加工形状に対応させることも可能である。

【0016】

【実施例】次に、上記の「MxP+」エッチング装置を用いて、シリコンウェハ上に成膜された酸化膜( $\text{SiO}_2$ 膜)としてのBPSG(Boron-Phosphorus-Silicate Glass)膜にコンタクトホールを形成すべく、本発明に従いプラズマドライエッチングした結果について説明する。

【0017】以下の実施例では、ウェハとしては8インチ径のシリコンウェハを用いた。また、BPSG膜は、所定のパターンを有する有機物系のレジストが塗布された状態で、エッチングプロセスを行うこととした。

【0018】エッチング装置の真空チャンバ内は250mTorr一定とし、ペディスタルとチャンバ側壁には1150Wで13.56MHzの高周波電力を印加した。チャンバ側壁とペディスタルの表面温度はそれぞれ15℃、40℃一定とした。更に、マグネトロンユニットにより形成される磁場の強度は30Gであった。

【0019】以上の条件下において、エッチングガスとして、 $\text{CHF}_3$ 、 $\text{N}_2$ 及びキャリアガスとしてのArの混合ガスを用いて、膜厚1.2 $\mu\text{m}$ のBPSG膜をエッチングした。この際、 $\text{CHF}_3$ の流量を120sccm、 $\text{N}_2$ の流量を15sccm、Arの流量を50sccmとした。また、その比較例として、エッチングガスとして従来の $\text{CHF}_3$ 、 $\text{CF}_4$ 及びArの混合ガスを用い、それぞれの流量を、60sccm、10sccm、75sccmとした。

【0020】図3の(A)は、本発明に従って $\text{CHF}_3$ 、 $\text{N}_2$ 及びArの混合ガスでBPSG膜をエッチングしたパターンの断面のSEM写真であり、図3の(B)は比較例についての同様なSEM写真である。これらの図を比較すると、比較例ではホールの側壁面下部がボーイング形状ないしはテーパ形状となっているのに対して、本発明の方法ではホールの内壁面が垂直に近い形状となっていることがわかる。これは、前述したように、比較例では過剰なCが生成され、それが重合膜となってホール内壁面に堆積するからであり、一方、本発明の場合、過剰なCがNと結合してホール内から除去されたためと考えられる。

【0021】また、図4の(A)及び(B)は $\text{CHF}_3$ と $\text{N}_2$ の混合比を変えた場合の形状に与える影響を示すSEM写真である。これらの実施例では、共に、エッチングガスとして、 $\text{CHF}_3$ 、 $\text{N}_2$ 及びArの混合ガスを用

いているが、 $N_2$ の流量を前者は20sccm、後者は10sccmとした。なお、両実施例とも $CHF_3$ の流量は100sccm、Arの流量は50sccmとした。

【0022】図4から明らかなように、ホール側壁面の形状に差が生じている。すなわち、 $N_2$ の量が多いほど、ホール側壁面が垂直方向に延びており、この結果からも、Nが過剰なCを除去し、重合膜の堆積防止に役立っていると考えられる。

【0023】図5の(A)及び(B)は、 $N_2$ の有無によるエッチングの状態の違いを示すSEM写真である。図5の(A)は、本発明に従ってエッチングガスとして $CHF_3$ 、 $N_2$ 及びArの混合ガスを用い、それぞれの流量を、70sccm、30sccm、70sccmとしてエッチングを行った結果である。図5の(B)は、前記エッチングガスから $N_2$ を取り除いて行ったエッチングの結果である。なお、図5の(B)は、レジスト除去前の状態である。図5の(A)ではエッチングはシリコンウェハの表面まで達しているが、(B)ではエッチングがBPSG膜の途中で止まっている。

【0024】図5の例ではBPSG膜の膜厚は1.2 $\mu$ mであったが、本願発明者らは更に、BPSG膜の膜厚を2 $\mu$ mに増した場合にも最適なエッチングが行われるか否かを調べた。図6はその結果を示すSEM写真であるが、極めて良好な結果が得られていることがわかる。また、エッチングレートは8540オングストローム/分という高いものであった。この例では、エッチングガスとして $CHF_3$ 、 $N_2$ 及びArの混合ガスを用い、それぞれの流量を、120sccm、15sccm、50sccmとした。

【0025】なお、図6の例では、アスペクト比が5以上となっている。同条件下、従来のガスではアスペクト比4が限界であったが、本発明によればアスペクト比が5以上のホール形成も可能となる。ここで、この実施例が250mTorrという比較的真空度の低い環境下で行われたことに注目すべきである。現在、高アスペクト比を達成するために、真空度を上げることが主流となっているが、本発明によれば低真空度において高アスペクト比のホールを形成することが可能となる。

【0026】図7の(A)及び(B)は、圧力の違いによるエッチングの影響を示すSEM写真である。図7の(A)は、真空チャンバ内の圧力を250mTorrとした場合のもので、図7の(B)は圧力が100mTorrの場合である。図7の(B)の例では、エッチングはシリコンウェハの表面に達しておらず、この結果から、本発明によるエッチングガスでは比較的低い真空度の場合にエッチングが促進されることがわかる。

【0027】更に、本願発明者らは、流量70sccmの $CHF_3$ と流量30sccmの $N_2$ との混合ガスを用いてBPSG膜とシリコンウェハとをエッチングして、選

択比を求めた。この場合、BPSG膜とシリコンウェハの選択比は21であった。また、 $CHF_3$ の流量は同じ70sccmに維持し、 $N_2$ の流量を10sccmに減じて同じ実験を行うと、選択比は35となった。このように $N_2$ が少ない方が選択比が高いが、これは $CHF_3$ の影響でBPSG膜でのエッチングレートが高くなったためである。コンタクトエッチやビアエッチ、セルフアラインコンタクト(SAC)プロセス等の導入によりエッチングにおいては下地との選択比が重要となるため、 $CHF_3$ と $N_2$ の混合比の調整により所望の選択比が得られることは、極めて有効である。

【0028】

【発明の効果】以上述べたように、酸化膜のプラズマドライエッチングにおいてエッチングガスとして $CHF_3$ と $N_2$ の混合ガスを用いることにより、以下の効果が得られる。

【0029】 $CHF_3$ の量を増すことで、高いエッチングレートを得られる。

【0030】 $CHF_3$ と $N_2$ の混合比を調整することで、エッチング側壁面の形状をテーパー状のものからほぼ垂直のものまでコントロールできる。また、従来のガスと比べた場合には、形状差の少ないエッチングを行うことができる。

【0031】 $CHF_3$ と $N_2$ の混合比を調整することで、下地との選択比を選定することができる。

【0032】更に、 $N_2$ の添加により、アスペクト比の高いホールのエッチングを可能にする。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明が適用され得るプラズマドライエッチング装置を概略的に示す縦断面図である。

【図2】図1のプラズマドライエッチング装置の横断面図である。

【図3】(A)は $CHF_3$ と $N_2$ の混合ガスによるエッチング結果を示すSEM写真であり、(B)は従来のエッチングガスによるエッチング結果を示すSEM写真である。

【図4】(A)は $N_2$ の量を多くした場合のエッチング結果を示すSEM写真であり、(B)は $N_2$ の量を少なくした場合のエッチング結果を示すSEM写真である。

【図5】 $N_2$ の有無によるエッチングの状態の違いを示すSEM写真であり、(A)は $N_2$ を添加した場合、(B)は $N_2$ を添加しなかった場合である。

【図6】 $CHF_3$ と $N_2$ の混合ガスによるエッチング結果を示すSEM写真である。

【図7】真空チャンバ内の圧力の違いによるエッチングの影響を示すSEM写真であり、(A)は圧力を250mTorrとした場合、(B)は圧力が100mTorrの場合である。

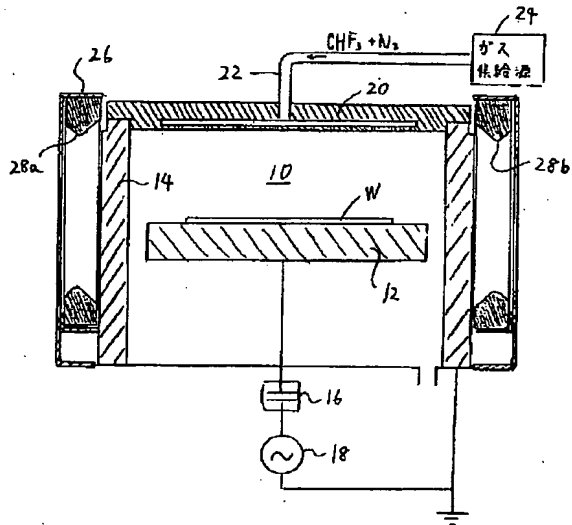
【符号の説明】

10…真空チャンバ、12…ペディスタル、14…側

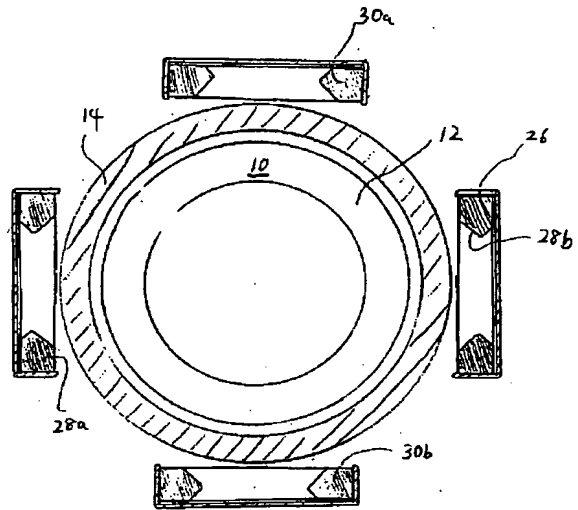
壁、16…整合回路、18…高周波電源、20…ガス分配プレート、22…ガス管、24…ガス供給源、26…

マグネトロンユニット。

【図1】

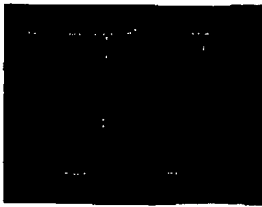


【図2】

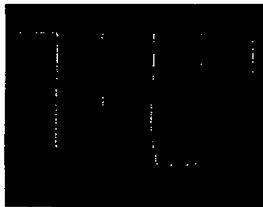


【図3】

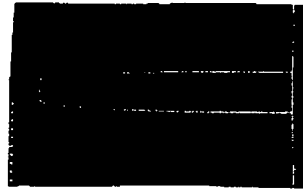
(A)



(B)



【図6】

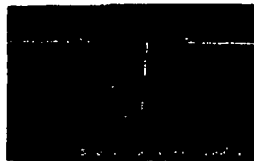


【図4】

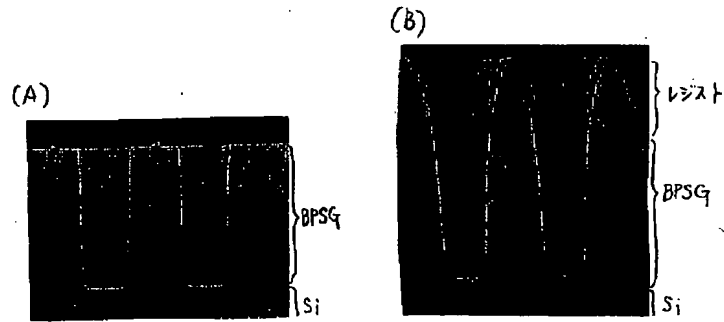
(A)



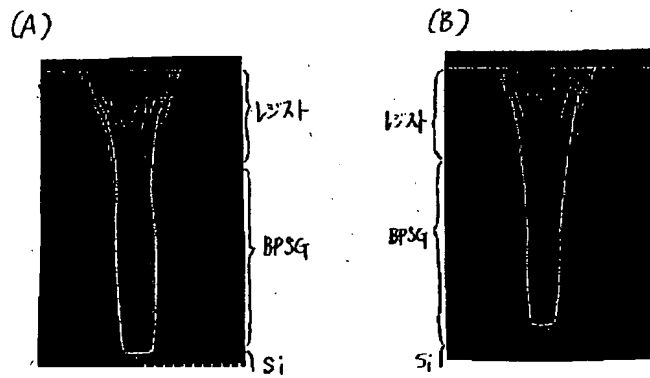
(B)



【図5】



【図7】



【手続補正書】

【提出日】平成9年7月22日

【手続補正1】

【補正対象書類名】図面

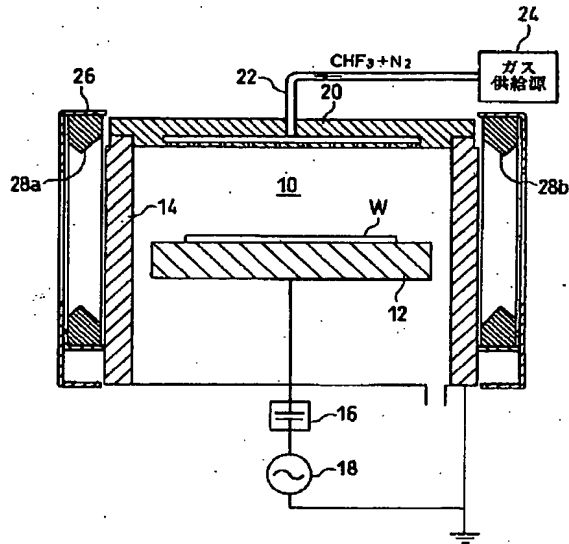
【補正対象項目名】全図

【補正方法】変更

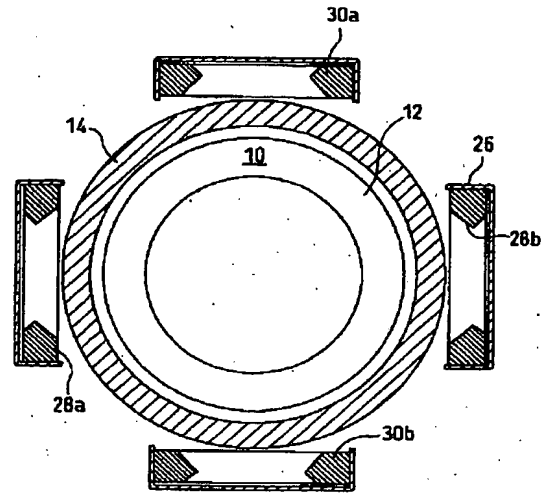
【補正内容】



【図1】

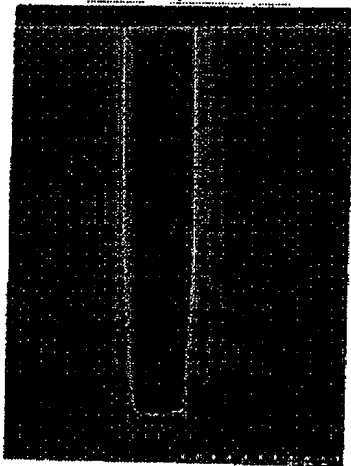


【図2】



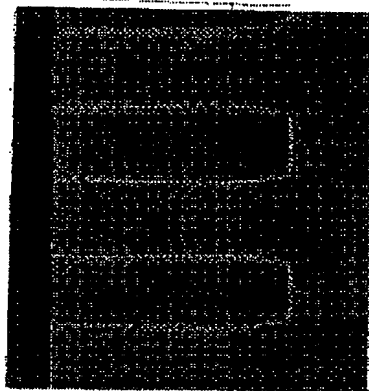
【図6】

図面代用写真

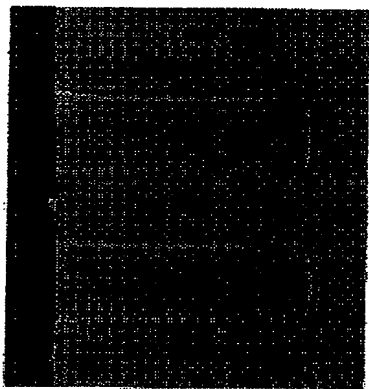


【図3】

図面代用写真



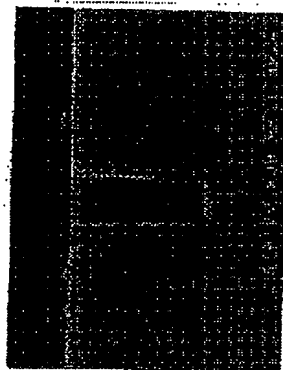
(B)



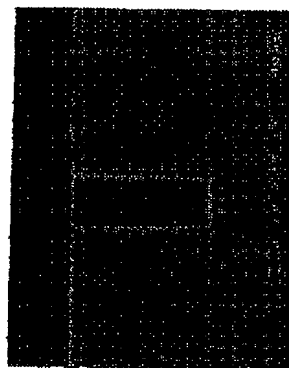
(A)

【図4】

図面代用写真



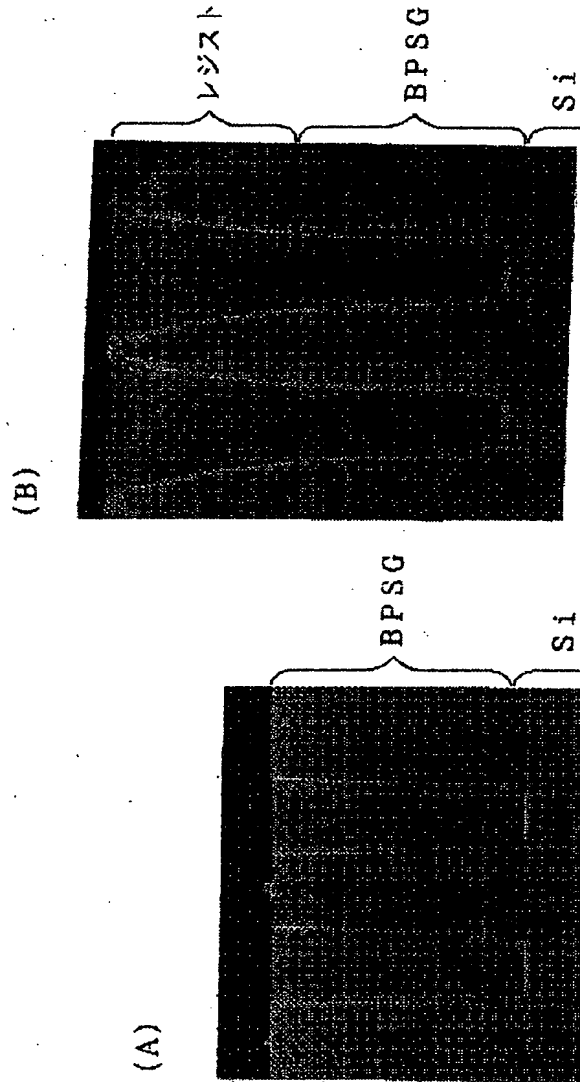
(B)



(A)

【図5】

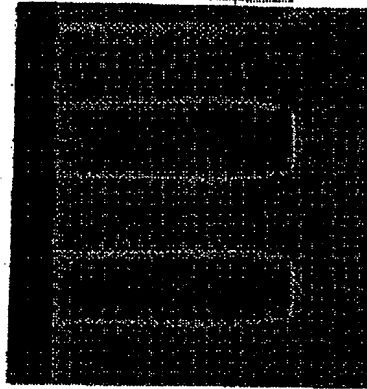
図面代用写真



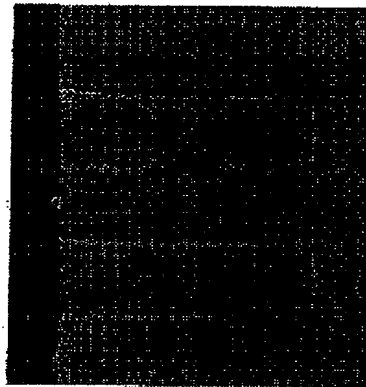
【図7】

図面代用写真

(B)



(A)



---

フロントページの続き

(72)発明者 三瓶 哲彦

千葉県成田市新泉14-3野毛平工業団地内

アプライド マテリアルズ ジャパン

株式会社内